



# 三维磁控溅射技术及LS-XT系列设备 在稀土永磁体表面处理领域的应用

宁波赛晟新材料科技有限责任公司

王君（博士）

2022年3月，浙江·宁波



# 介绍内容

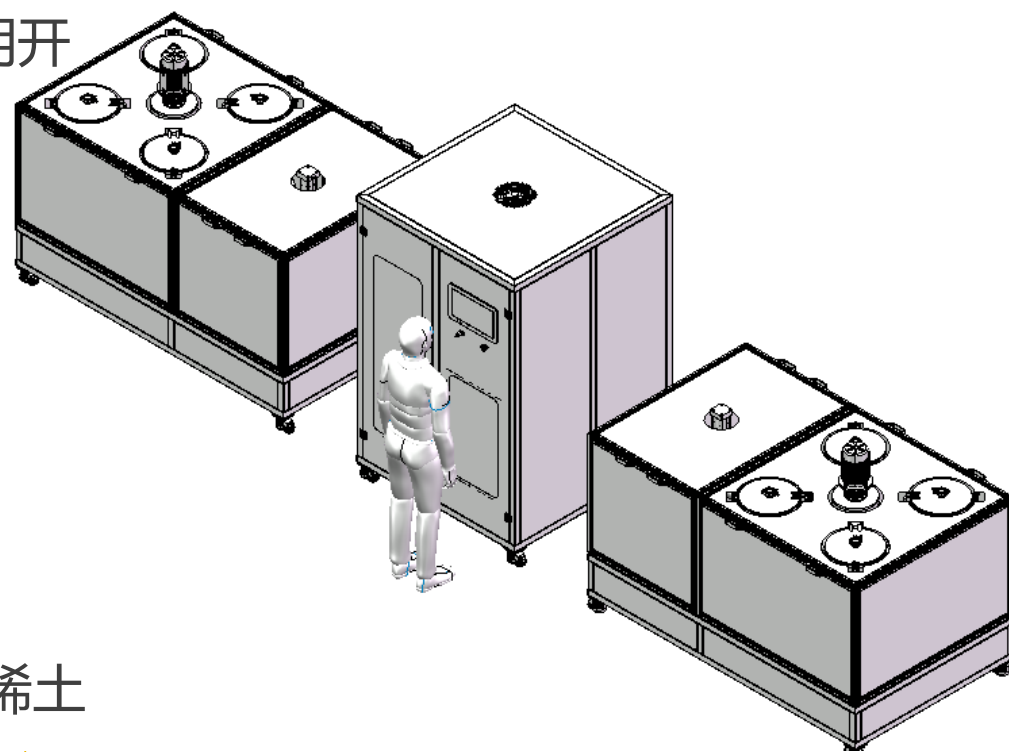
- 一、 贵晟简介
- 二、 三维磁控溅射技术介绍
- 三、 镉/钽专用镀膜设备介绍
- 四、 行业应用



# 一、 贵晟简介

NingBo LaiSheng New Material Technology Co. LTD.

- 项目技术团队主要成员从事真空镀膜相关科研、教学、应用开发近20年；
- 2019年初开始稀土永磁体表面处理应用开发；
- 2019年3月合肥贵晟公司（合肥高新区）成立；
- 2019年4月开始提供镱/铽打样服务；
- 2019年6月第一台生产设备交付；
- 2019年9月开始提供镱/铽镀膜服务；
- 2020年8月宁波贵晟开始运营（镇海高端材料产业园）；
- 截止2021年底，已为钕铁硼行业提供近20套LS-XT系列重稀土专用镀膜设备！



# 一、 贵晟简介 (业务重点)

## Equipment and Coating Services

- **LS-XT系列设备销售**



- **稀土永磁体表面镀膜服务**

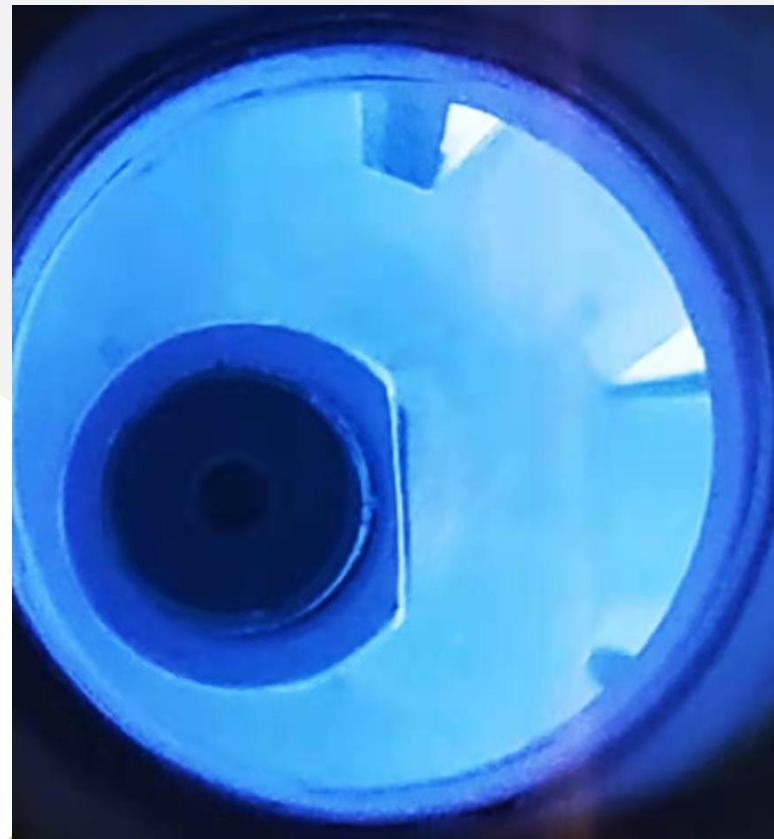
- 批量高端钕铁硼磁体表面镀镉/铽;
- 稀土永磁体防腐蚀镀铝;
- 稀土永磁体镀层开发服务。



## 二、三维磁控溅射技术介绍

### 3D-MS Technology Brief

- 资晟自主研发的原创性技术；
- 核心部件——三维磁控溅射源（管状溅射源）；
- 溅射过程——发生在管状溅射源内部；
- 三维溅射——多方向溅射，适用于形状复杂零件；
- 溅射等离子体——MS放电+HCD放电；
- 核心优势——沉积速率快，适用于厚膜工业生产；
- 核心优势——靶材利用率高，尤其适用于贵金属。



## 2.1 技术开发过程

### Technology Origin

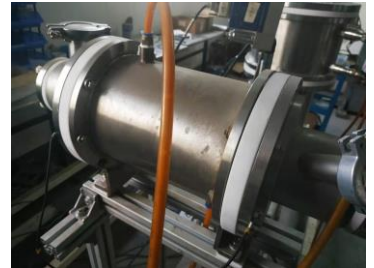
- 美国ACSEL实验室HiPIMS空心离子源设计
- 加拿大URS Flint公司PECVD制备超厚DLC镀层
- 加拿大NRC、ASC公司超厚、超硬镀层镀层开发



- 空心磁控溅射源
- 空心阴极放电 (HCD)
- 超厚镀层工艺解决方案 (百微米厚以上)



## 3D-MS开发过程



- 沉积速率极快
- 靶材利用率高
- 设备简单
- 设备可靠



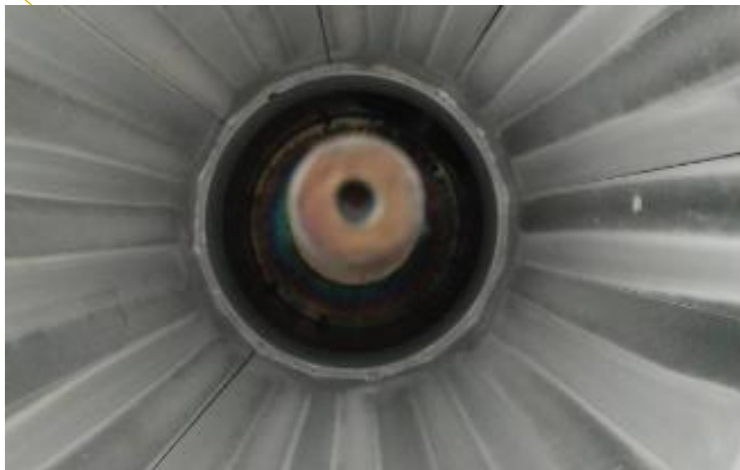
- 锆铪镀层
- Al镀层



## 2.2 技术优势-沉积速率高

Technology Advantages—High Deposition Rate

- **等离子体密度高**——磁控溅射放电+空心阴极放电;
- **多跑道共同溅射**——一源抵多源;
- 溅射速率是传统平面磁控溅射**5~10倍!**
- 实测**沉积速率**轻松达到1微米/分钟!
- 生产节拍快, 约50分钟完成20公斤料双面镀膜。



Vs.



## 2.3 技术优势-靶材利用率高

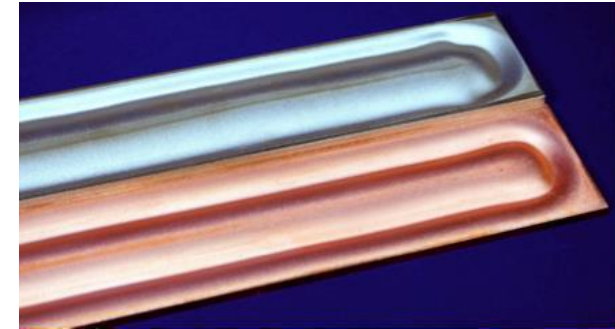
Technology Advantages—High Target Usage

靶材总利用率=靶材溅出率X溅出利用率;

- 平面磁控溅射的溅出率约为40%左右，总利用率在30%左右;
- 赝三维磁控溅射源溅出率超过70%，总利用率在60%以上。

三维磁控溅射靶材利用率高的原因:

- 溅射源内部管壁全部被靶材填满，**无夹持装置或阳极罩**;
- 溅出材料要么**沉积到工件/工件架上**，要么**回到靶材表面**;
- 独特磁场/靶材结构设计，确保靶材被**均匀刻蚀**。

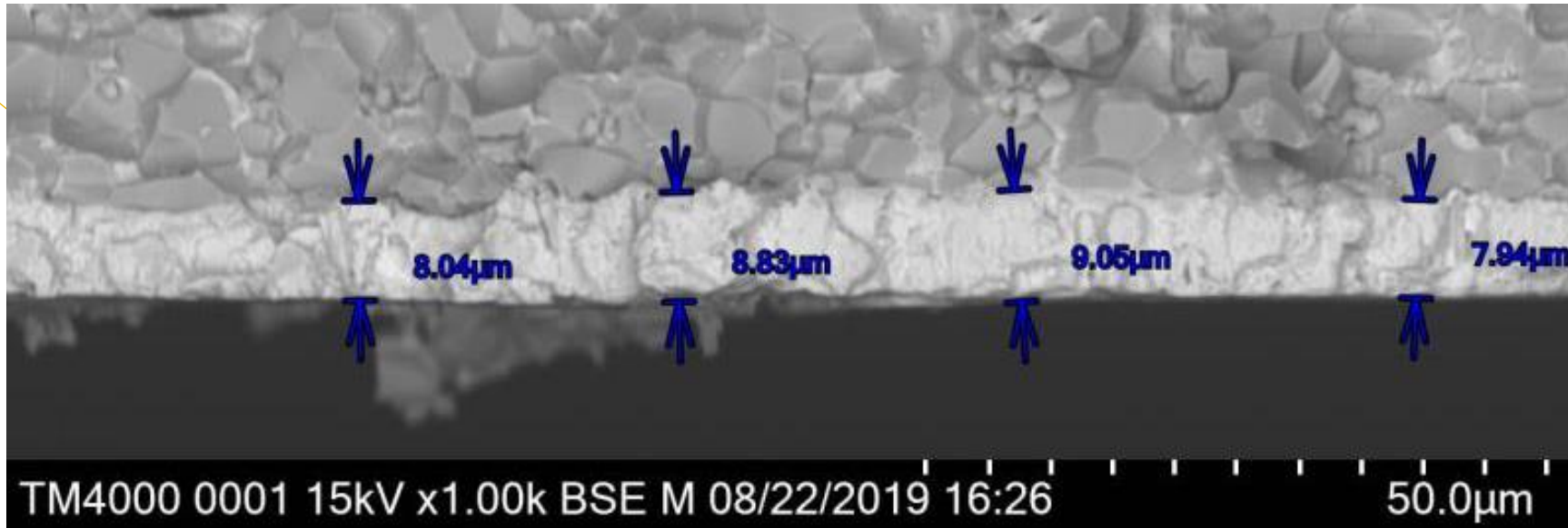
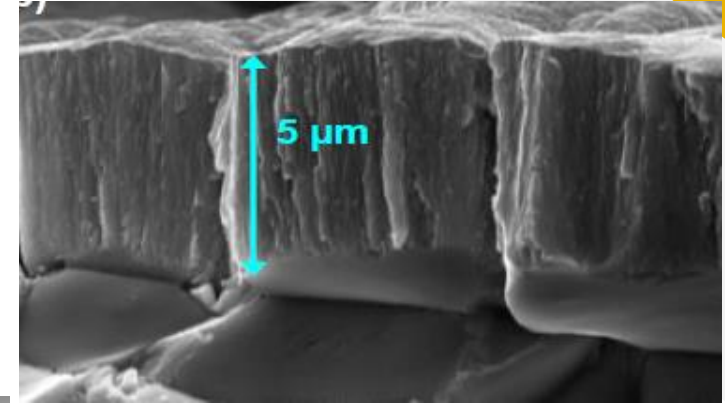




## 2.4 技术优势-镀层质量高

- Technology Advantages—Good Coating Performance

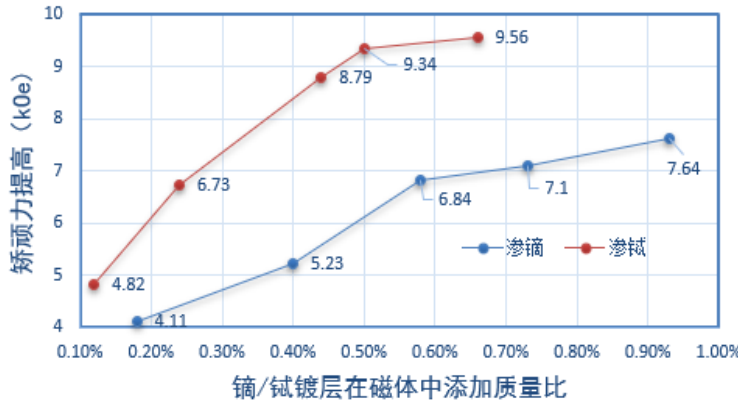
- “沉浸”在等离子体放电区域内，无需额外等离子体清洗；
- 镀层结构非柱状晶，组织致密，有利于扩散过程进行；
- 镀层和基底磁体之间结合紧密，无孔隙、膜层质量好。



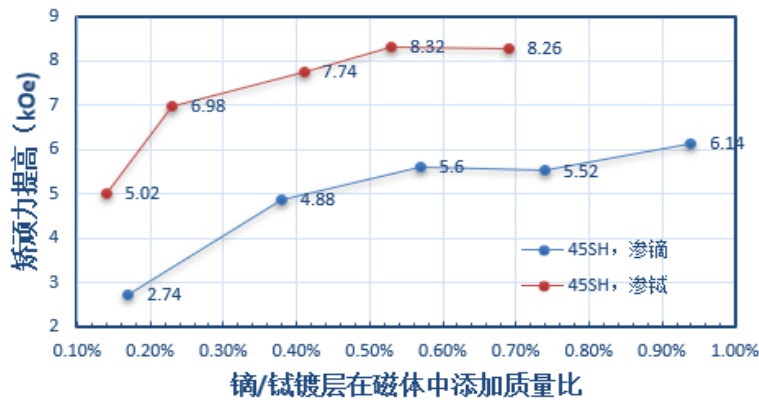
# 2.5 技术优势-磁性能提升

## Technology Advantages—Magnetic Performance Enhancement

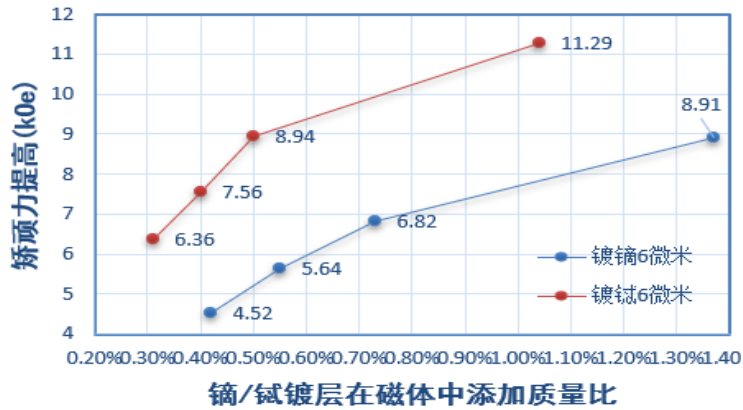
(a) N52磁体镀不同厚度镉/铽扩渗后矫顽力变化



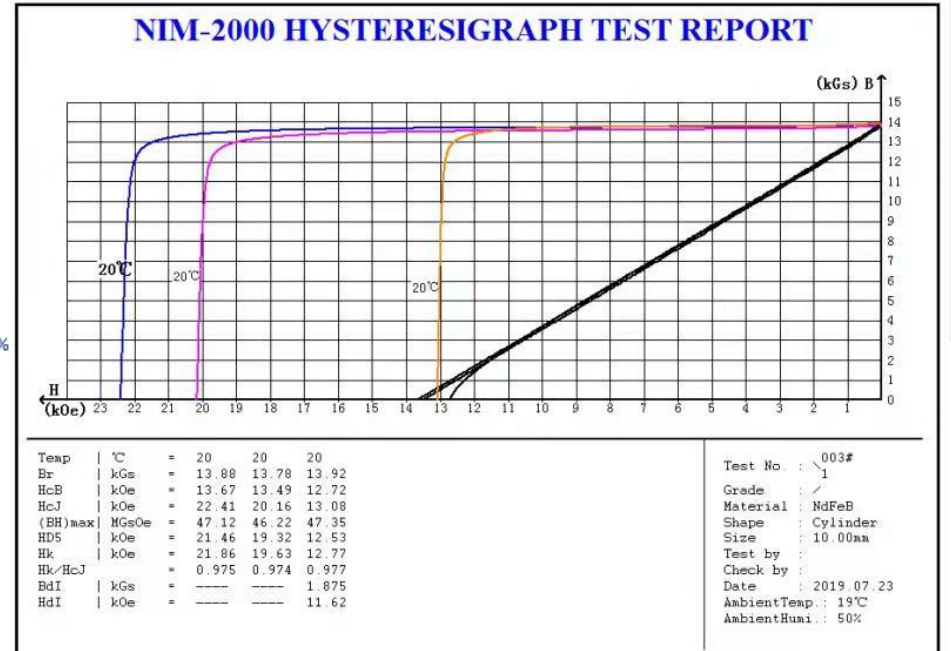
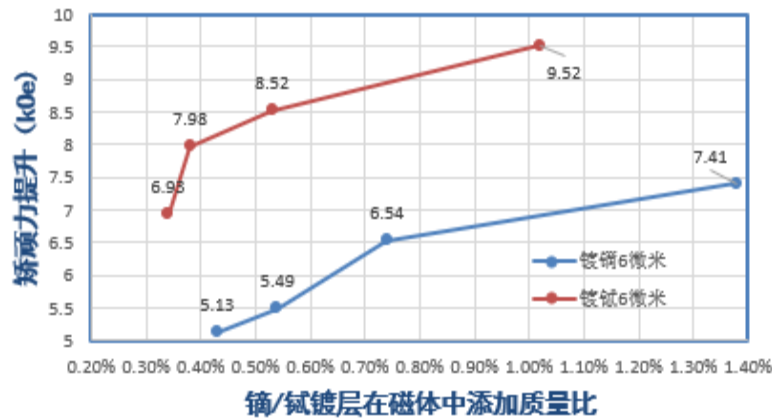
(b) 45SH磁体镀不同厚度镉/铽扩渗后矫顽力变化



(c) 不同厚度N52磁体镀制同厚镉/铽扩渗后矫顽力变化



(d) 不同厚度45SH磁体镀制同厚镉/铽扩渗后矫顽力变化



大地熊国家重点实验室检测结果

## 2.5 技术优势-防腐蚀镀层

Technology Advantages—Anti-corrosion Coating



48小时



72小时



96小时



120小时

钕铁硼镀铝盐雾试验结果（上5微米，下10微米）



# 三、镉/铽专用镀膜设备介绍

## Coating Equipment Brief



资晟LS-XT8设备外观



资晟LS-XT8设备在客户现场

### ● LS-XT系列溅射镀膜系统主要指标

	LS-XT2	LS-XT4	LS-XT8
溅射源数目	2	4	8
溅射源尺寸	Φ280mmXH400mm		
平均功率	10kw	20kw	40kw
小时产能	10公斤/小时	20公斤/小时	40公斤/小时
年产能	60吨	120吨	240吨
镀层种类	可镀制镉、铽、铝镀层		
用途	均可用于镀层研发、打样或不同规模批量生产		

(注：上表中，小时产能以40mmX30mmX3mm尺寸磁片，在40mmX30mm面双面镀膜为计算依据。年产能以每天生产20小时，年生产300天计算。)

## 3.1 设备优势—多重节约

### Equipment Advantages—Multiple Saving

相对于平面磁控溅射，同等产能下：

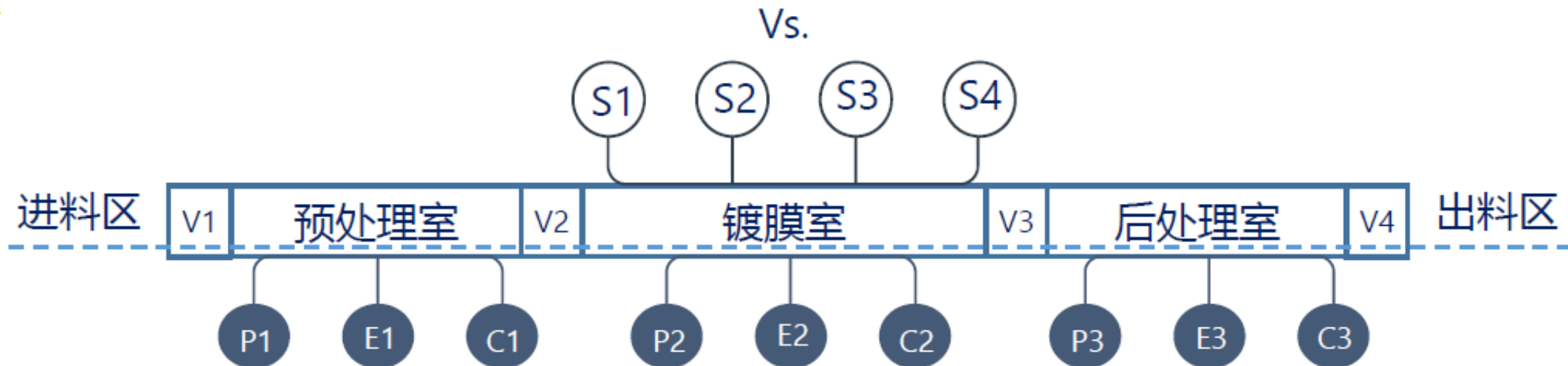
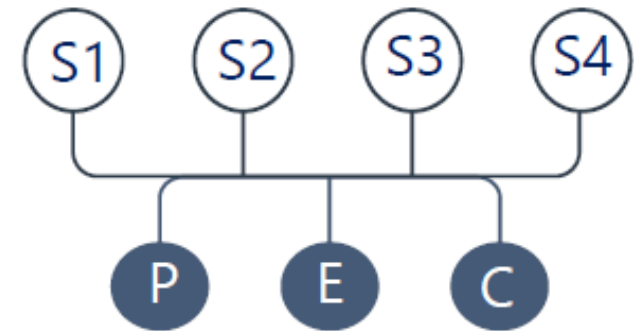
- 靶材节约至少一半 (70% vs. 30~40%);
- 投资节约至少一半 (约140万 vs. 300~600万) ;
- 能耗节约至少一半 (40kW vs. 80kW);
- 制造周期减少一半 (2.5月 vs. 5~6月) ;
- 占用场地减少一半 (10米以内 vs. 30米) 。

## 3.2 设备优势—简单可靠

Equipment Advantages—Simple and Reliable

相对于通过式多腔室设备，LS-XT4为例：

- 串联系统可靠性=各个元器件可靠性乘积；
- 无真空室设计；
- 无复杂驱动机构；
- 维护方便。



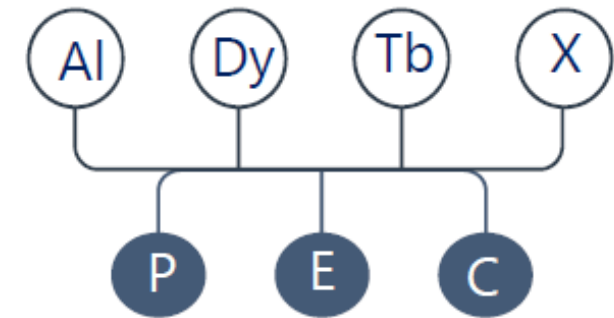
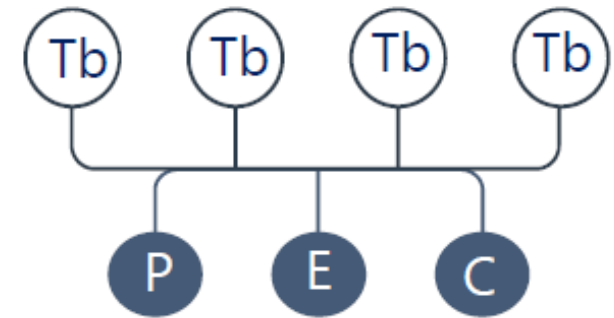


### 3.3 设备优势—灵活多用

#### Equipment Advantages—Flexibility and Multifunction

相对于通过式多腔室设备，LS-XT系列设备：

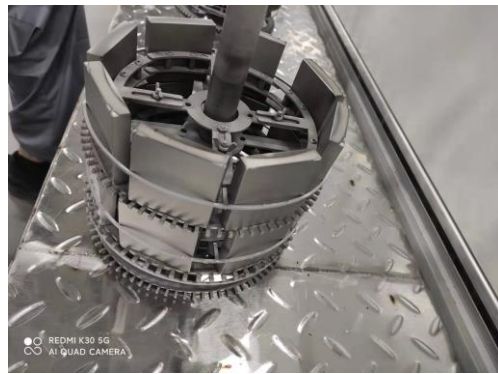
- 扩展性好，设备投资灵活；
- 产能调节灵活；
- 试制打样灵活；
- 镀层种类可切换；
- 对磁体尺寸、形状（如瓦片）具有很好适应性。



# 4. 行业应用

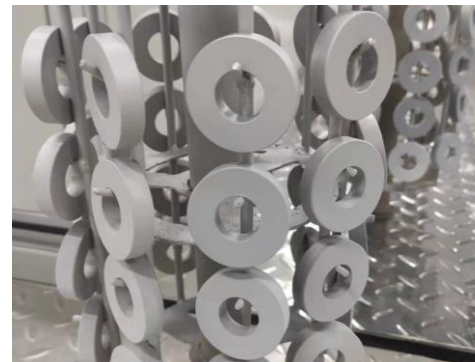
## 4.1 中小企业产能从无到有

- 投资小、占地小、能耗小；
- 镗、铰切换方便；
- 不会产生产能闲置。



## 4.2 大型公司产能补充

- 超厚小批量；
- 通过式设备难处理的场合；
- 快速打样试制。



## 4.3 科研院所

- 成分配方研究；
- 批量生产。